



Energieversorgung



Franz Trieb

Ingenieurfachschaftstagung des Cusanuswerk
Gernsheim, 30. Oktober 2010



Folie 1



Stromversorgung, wie hätten's es denn gern?

GROSS UND ZENTRAL ...



Folie 2

... oder lieber klein und dezentral ...

Biogas, Holzenergie, Photovoltaik, Nahwärmenetz



Bioenergiedorf Mauenheim

... oder doch lieber GROSS UND ZENTRAL ...

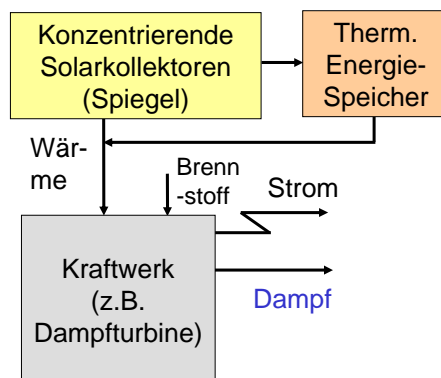


Windpark-Landschaft in Mecklenburg

... oder einfach aus der Steckdose ?



Prinzip eines solarthermischen Kraftwerks




✓ Sonnenenergie ersetzt Brennstoff

✓ Sekundenreserve


✓ Regelleistung nach Bedarf

✓ Kraft-Wärme-Kopplung für Wasserentsalzung, Kälte, Fernwärme, Industrie




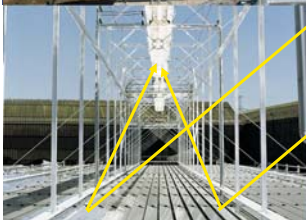
Konzentrierende Sonnenkollektoren

Parabolrinne (PSA)




Solarturm (SNL)







Linear Fresnel (MAN/SPG)



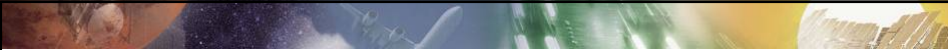
Dish-Stirling (SBP)







Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft


Folie 7





ANDASOL 1+2, Guadix, Spanien
(2x50 MW, 7 Std. Speicher, 2009)
3500 Volllaststunden pro Jahr



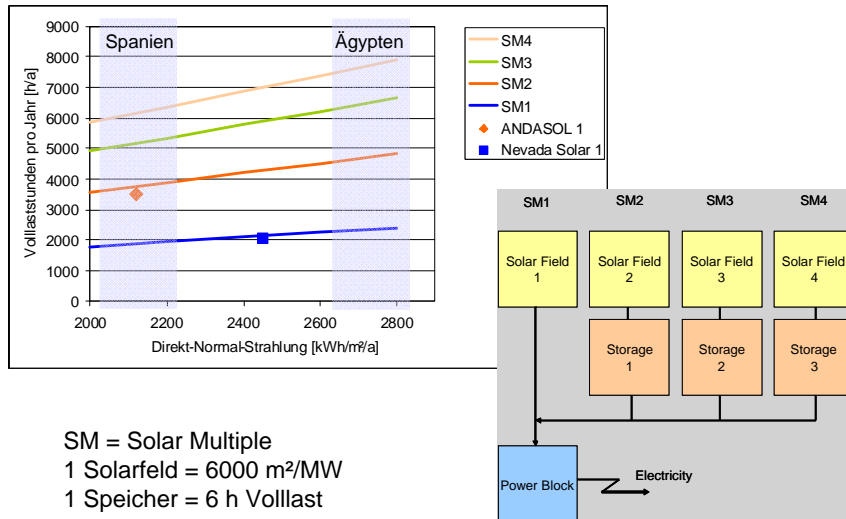


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

<http://de.wikipedia.org/wiki/Andasol>

Folie 8

Auswirkung thermischer Energiespeicher auf die Auslastung



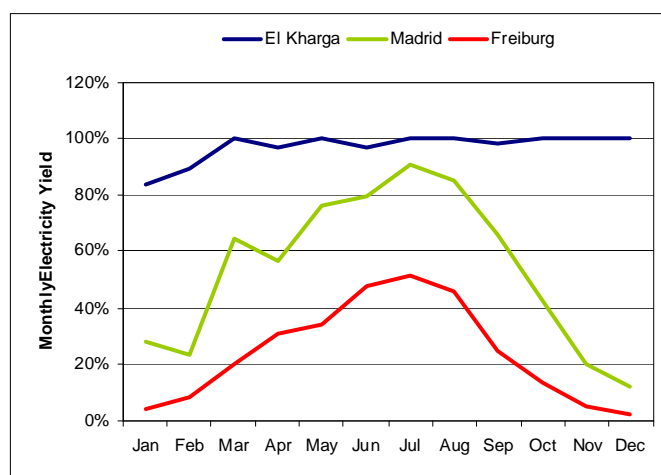
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.dlr.de/tt/csp-resources

Folie 9

Solarthermische Kraftwerke an verschiedenen Standorten

SM = 4

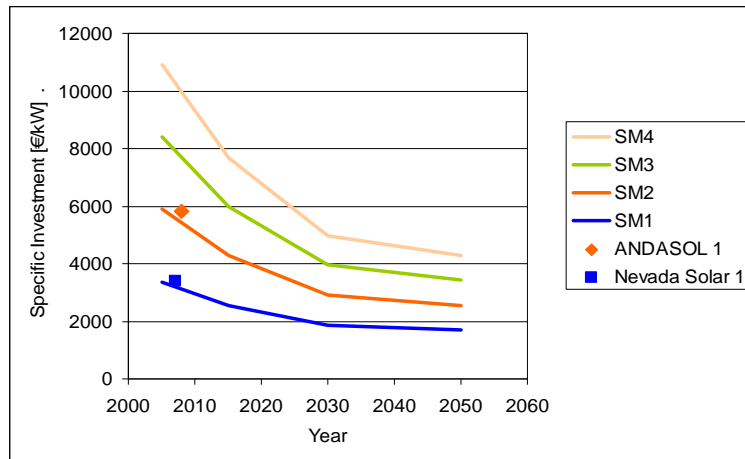


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.dlr.de/tt/trans-csp

Folie 10

CSP Systemkosten und Lernkurven



Photovoltaik Anwendungen



Dachanlage



Großanlage



Fassaden

dezentral

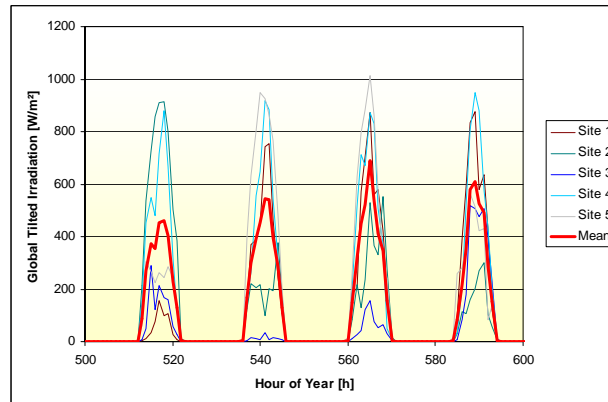


Geräte



Bordversorgung

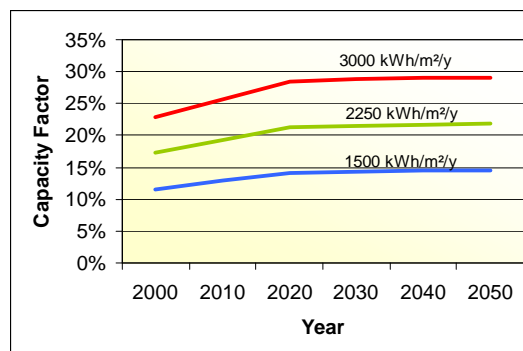
Photovoltaik Ressourcen



Beispiel: Globalstrahlung an 5 Standorten und Mittelwert

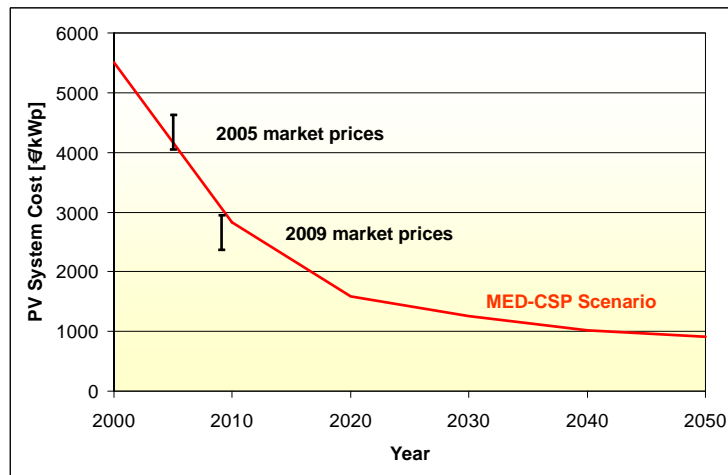
Photovoltaik Szenario Modell

Die Auslastung einer PV Anlage variiert mit der jährlichen Einstrahlung und wird sich in Zukunft verbessern.



$\text{CF} \times 8760 = \text{jährliche äquivalente Vollaststunden}$

Photovoltaik Systemkosten



Windkraftanlagen



On-Shore Wind Park



Off-Shore Wind Park

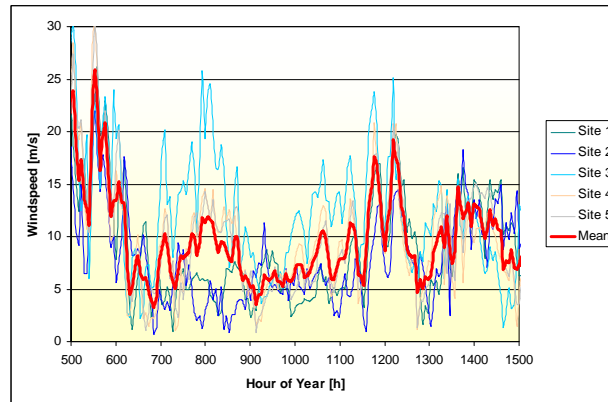


Stand-alone
Windrad



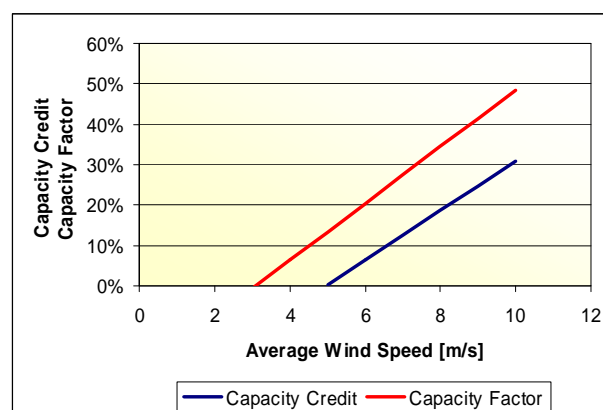
dezentrale
Stromversorgung

Wind Energie Ressourcen



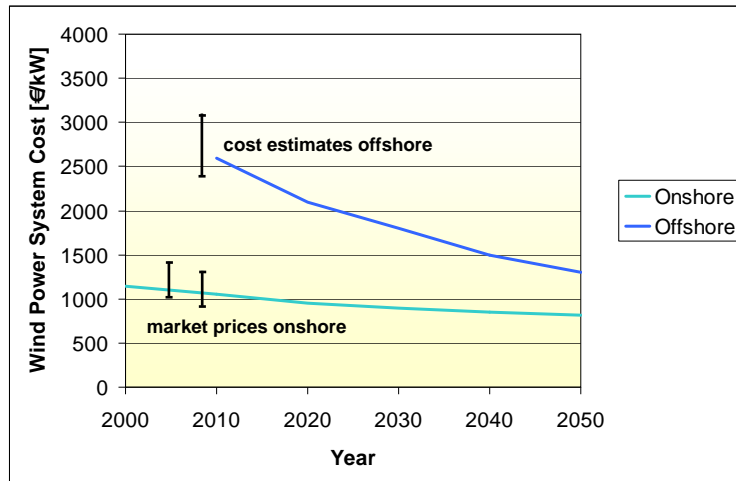
Beispiel: Windgeschwindigkeit in 80 m Höhe für 5 Standorte und Mittelwert

Einfaches Windparkmodell



nur für große Regionen mit mehreren Windparks

Windkraft Systemkosten und Lernkurven



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

MED-CSP 2005, ECOFYS 2009, Lead Study 2009

Folie 19

Wasserkraftanlagen



Speicherkraftwerk



Kleinwasserkraft



Laufwasserkraft



Pumpspeicher

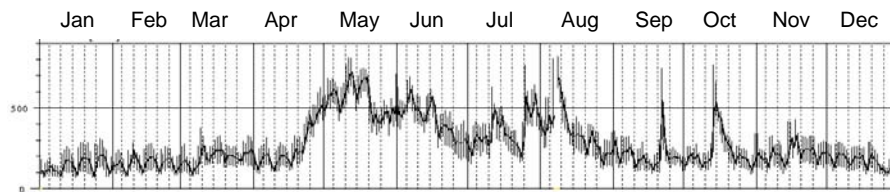


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.erneuerbare-energien.de/inhalt/44732/5466/

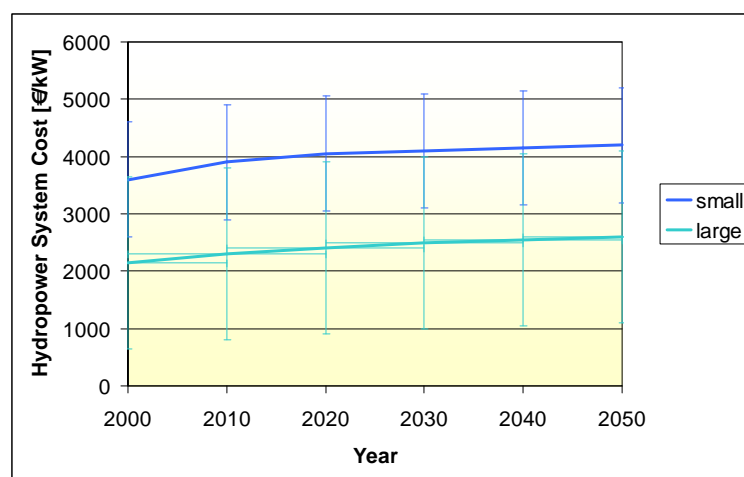
Folie 20

Wasserkraft Ressourcen (Laufwasserkraft)



Beispiel: Tagesabfluss am Rhein bei Diepoldsau in m³/s

Wasserkraft Systemkosten und Lernkurven



Biomasse Anlagen

Biogas



Feste Biomasse



Kraftstoffe

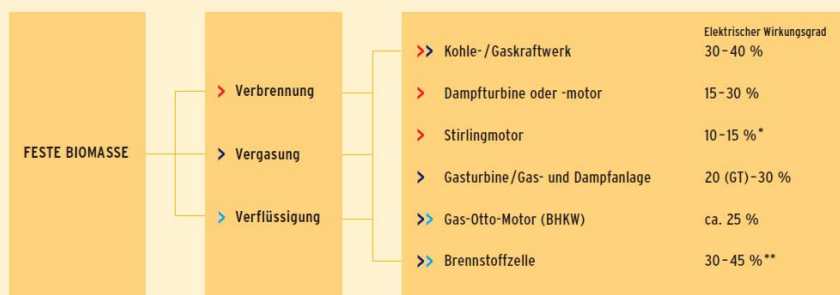


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.erneuerbare-energien.de/inhalt/44732/5466/

Folie 23

→ Möglichkeiten der Verstromung von Biomasse



Verschiedene Technologien stehen zur Stromerzeugung aus Biomasse bereit (* kleinere Leistungsklasse als Dampfturbine; ** je nach Brennstoffzellentyp).

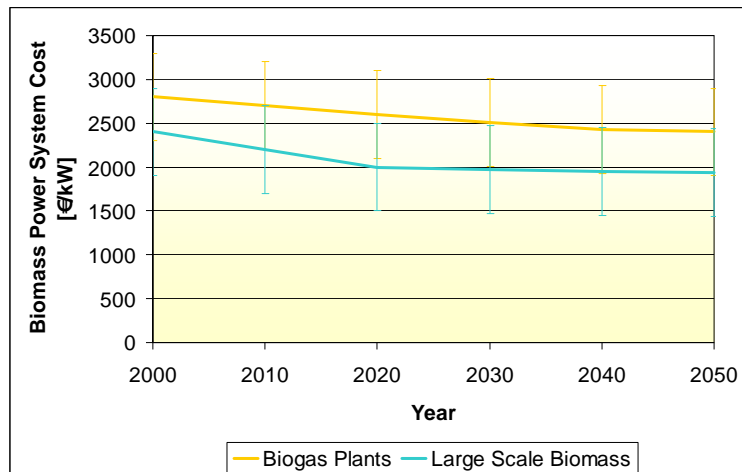


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.erneuerbare-energien.de/inhalt/44732/5466/

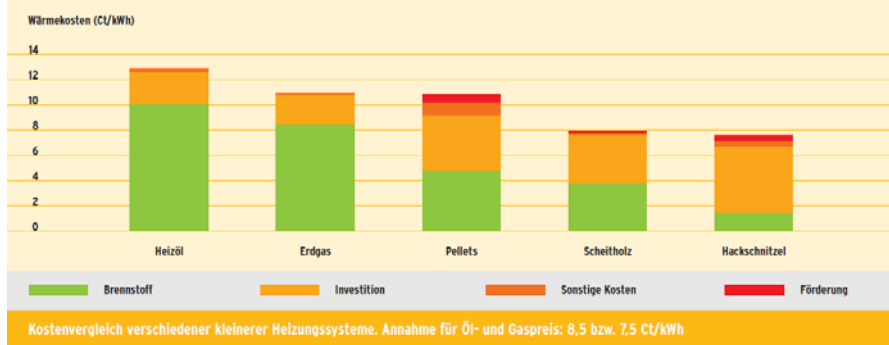
Folie 24

Biomasse Systemkosten und Lernkurven



→ Wirtschaftlichkeit

Quelle: verändert nach CARMEN/ZSW 2008



Kostenvergleich verschiedener kleinerer Heizungssysteme. Annahme für Öl- und Gaspreis: 8,5 bzw. 7,5 Ct/kWh

Geothermiekraftwerke



Hydrothermales Kraftwerk



Blue Lagoon, Reikjavik, Island

Hot Dry Rock

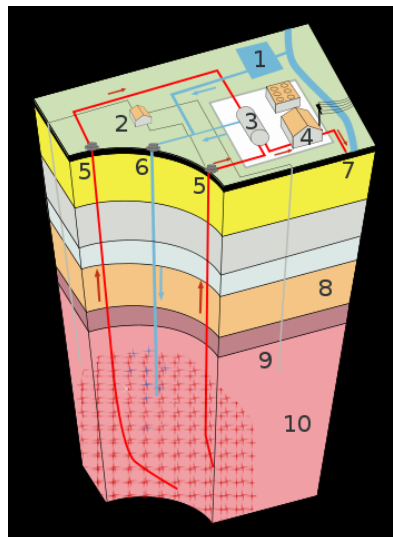


HDR Anlage in Basel, Schweiz

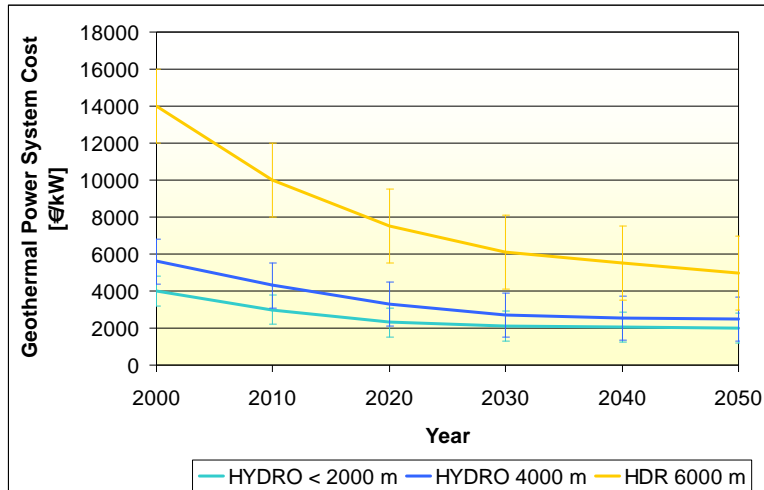
Hot Dry Rock System Kraft-Wärme-Kopplung



- 1: Reservoir
- 2: Pump house
- 3: Heat exchanger
- 4: Turbine hall
- 5: Production well
- 6: Injection well
- 7: Hot water to district heating
- 8: Porous sediments
- 9: Observation well
- 10: Crystalline bedrock



Geothermie Systemkosten und Lernkurven



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

ECOFYS 2009, own estimates

Folie 29

Umwelteffekte / Klimaschutz



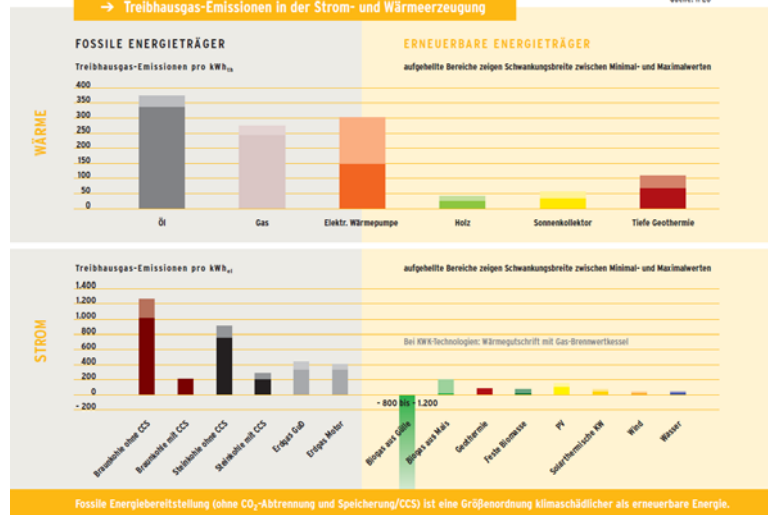
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Folie 30

Lebenszyklus Emissionen

→ Treibhausgas-Emissionen in der Strom- und Wärmeerzeugung

Quelle: IFEU



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

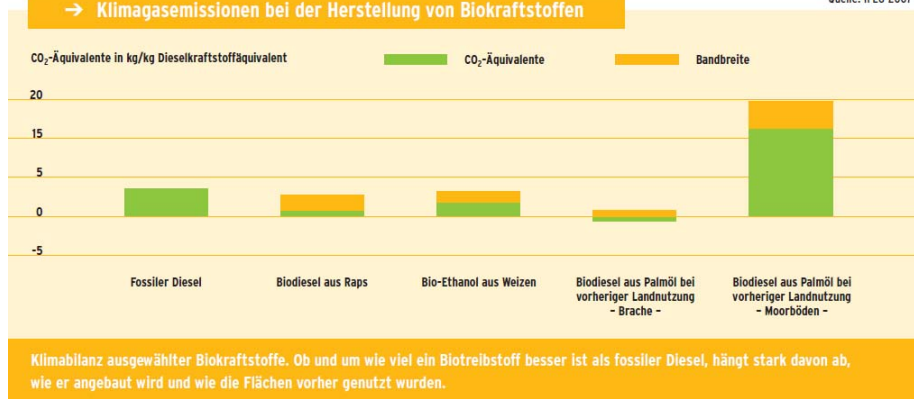
www.erneuerbare-energien.de/inhalt/44732/5466/

Folie 31

Lebenszyklus Emissionen Biokraftstoffe

→ Klimagasemissionen bei der Herstellung von Biokraftstoffen

Quelle: IFEU 2007

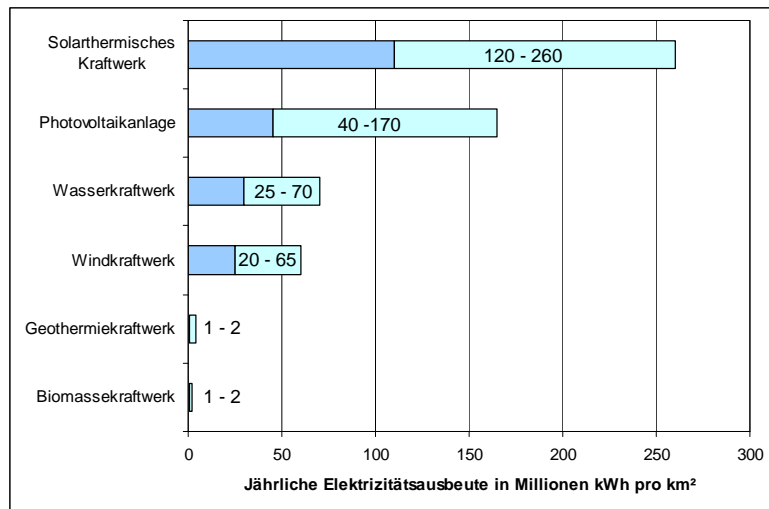


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.erneuerbare-energien.de/inhalt/44732/5466/

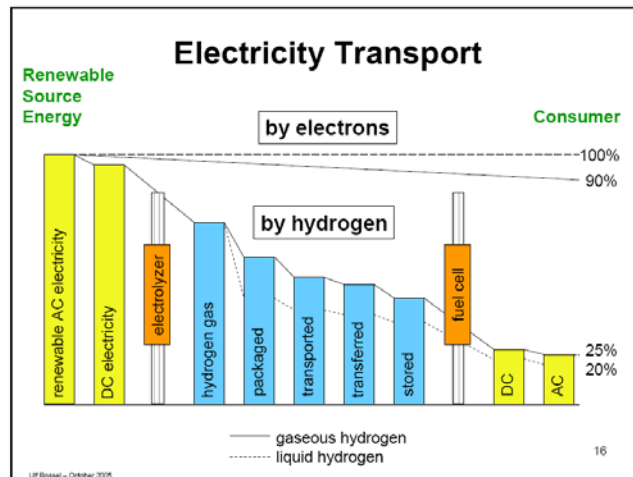
Folie 32

Energieausbeute pro Landfläche

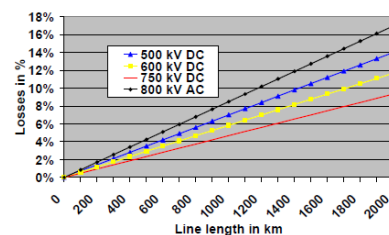
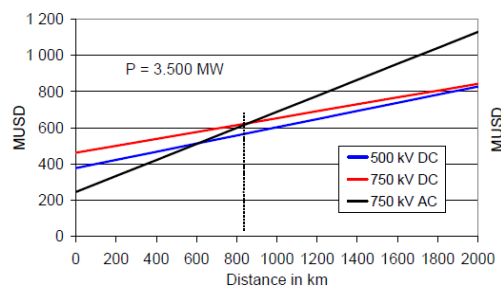
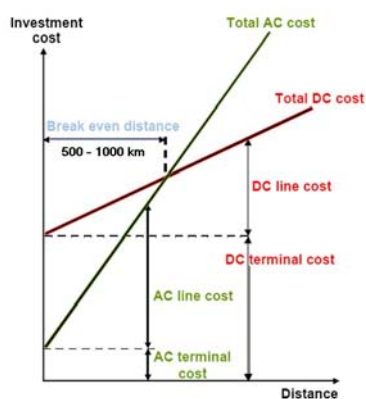


HGÜ Stromautobahnen

Solarstromimporte durch Wasserstoff sind möglich, aber 75% würden verloren gehen



Kosten und Verluste: HGÜ (HVDC) oder Wechselstrom (HVAC)



HVDC High Voltage Direct Current
HVAC High Voltage Alternating Current

Optionen für den Solarstromtransfer über 2000 km Entfernung

| Solarstrom-transfer mit: | Wasserstoff | Wechselstrom AC / HVAC | HGÜ |
|--------------------------|--|---------------------------------|---------------------------|
| Verluste | 75 % | 30 % / 18 % | 7 - 10 % |
| Kosten | sehr hoch | hoch | gering |
| Anpassung an Verbraucher | elektro- oder thermochemische Umwandlung | Transformator | Umwandlung Wechselrichter |
| Übersee-Transport | Tanker oder Pipelines | nicht über 30 km | Standard-lösung |
| Sichtbarkeit | gering | hoch | hoch |
| Material und Emissionen | moderat | moderat | gering |
| Bevorzugte Verwendung | Brennstoff | Lokale und regionale Versorgung | Ferntransport |

HGÜ-Leitungen in China

HGÜ
HVDC

Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
High-Voltage-Direct-Current Transmission



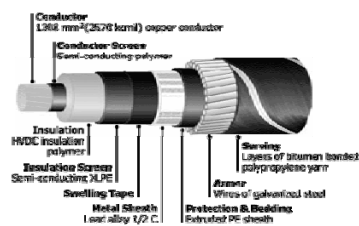
Spannung: ± 800.000 Volt
 Leistung: 6400 Megawatt
 Länge: 2070 km
 Quelle: Wasserkraft
 Verlust: 7%
 Bauzeit: 2 Jahre



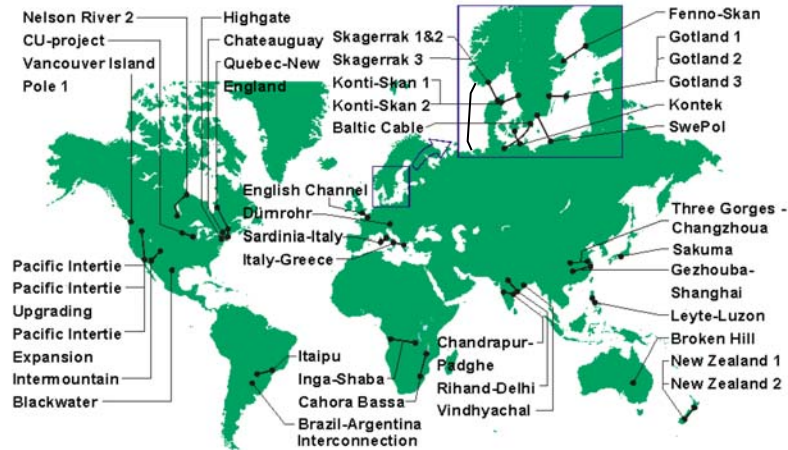
HVDC Light Erdkabel



HVDC Light Seekabel



HVDC is well established, transmitting over 100 GW world wide, mainly remote hydro- and geothermal power

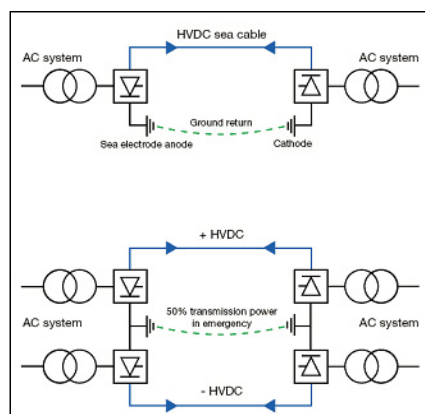


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.abb.com

Folie 41

Interconnecting HVDC* to the AC** System



Monopolar
HVDC System,
e.g. sea cable

Bipolar HVDC
System, e.g.
overhead line

* HVDC High Voltage Direct Current (electricity flows steadily from a negative to a positive pole)
** AC Alternating Current (the flow direction is reversed 50 or 60 times per second)



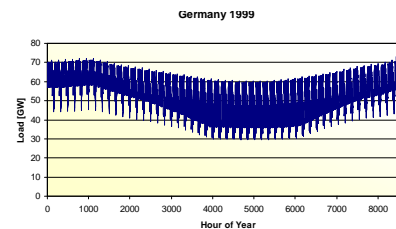
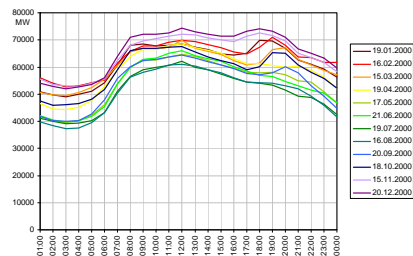
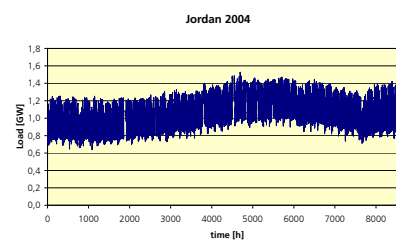
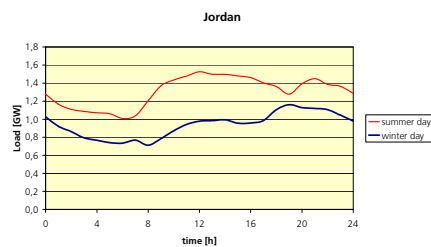
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.abb.com

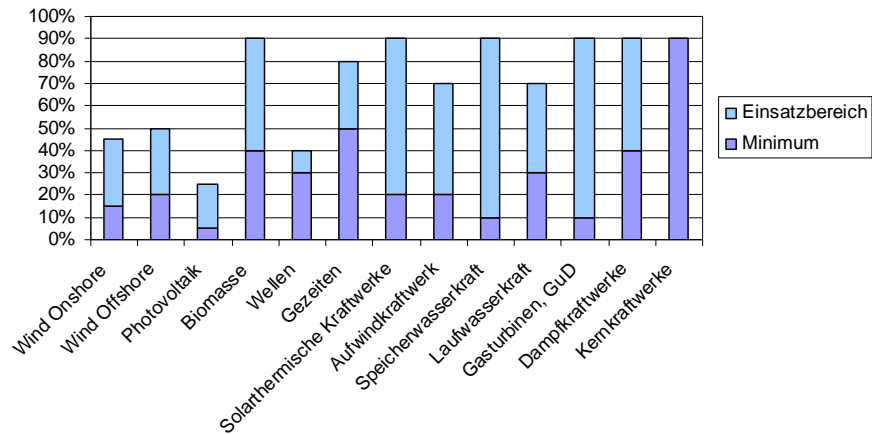
Folie 42

Versorgungsmodelle

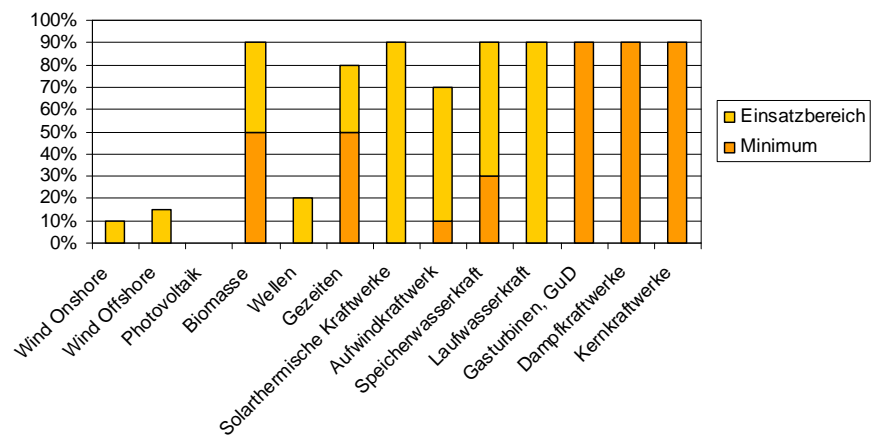
Lastkurven der Stromversorgung

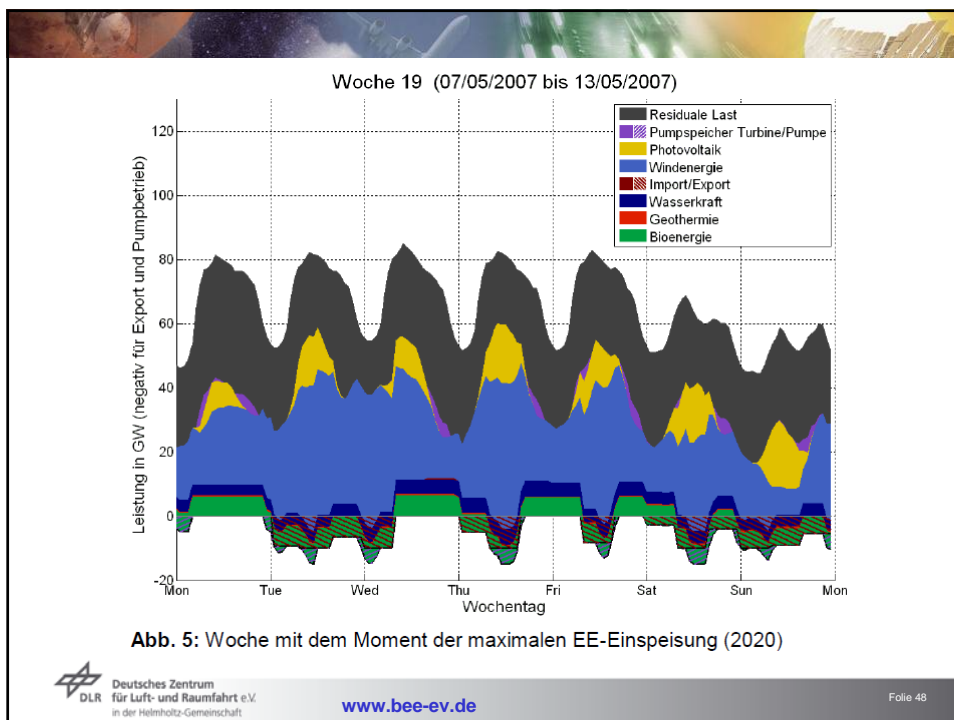
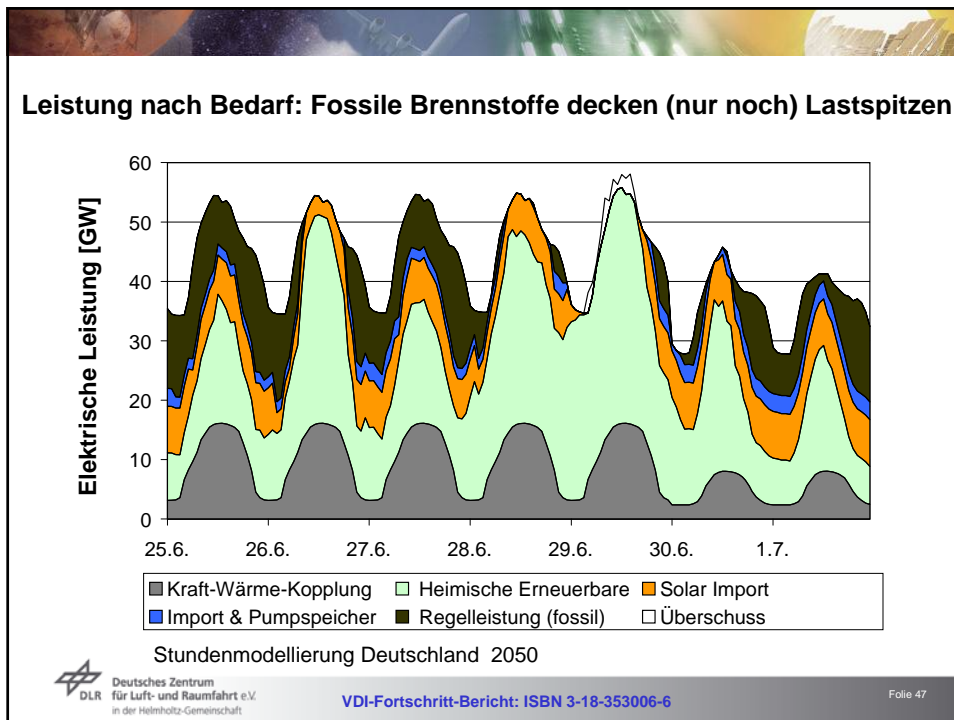


Mittlere jährliche Auslastung eines Kraftwerksparks (100% = 8760 h/a bei Vollast)



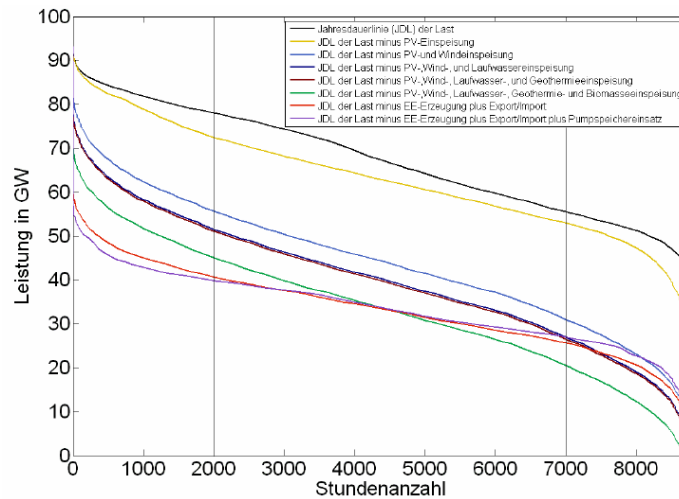
Gesicherter Leistungsbeitrag eines Kraftwerksparks (100% = installierte Leistung)





Jahresdauerlinien der Last für ein Szenario von 2020 (FhG-IWES)

Abbildung 6-3:
Jahresdauerlinie
der Last, der Last
mit erneuerbarer
Stromeinspeisung
sowie der Last mit
erneuerbarer
Einspeisung sowie
Pumpspeicher
und Einsatz von
Import/Export.
Quelle: eigene
Berechnungen
nach BEE-
Szenario.



BEE Szenario des FhG-IWES:

Der Bedarf an konventionellen Großkraftwerken, die im Dauerbetrieb Strom produzieren, sinkt im Jahr 2020 auf etwa die Hälfte gegenüber 2007 ab. Die Leistung der Kraftwerke, die mit über 7000 Volllaststunden Strom produzieren können (Kohle-, und Kernkraftwerke), sinkt auf 27 GW. Der übrige Teil des dauerhaften Strombedarfs, der so genannten Grundlast, wird 2020 durch Erneuerbare Energien und Pumpspeicher gedeckt.

Spherical Utility-Scale Nuclear Fusion Reactor (SUN 1)



Vollautomatisch

Erprobt

Kostengünstig

Umweltfreundlich

bisher geschaffene
Arbeitsplätze:
ca. 6.500.000.000

PAUSE

